第 40 卷 第 2 期 昆 虫 学 报 Vol. 40, No. 2
1997 年 5 月 ACTA ENTOMOLOGICA SINICA May, 1997

亚洲玉米螟幼虫对氮、糖的吸收和利用*

吕仲贤
(浙江省农业科学院 杭州 310021)
胡 萃 杨樟法
(浙江农业大学 杭州 310029) (浙江省农业科学院 杭州 310021)

摘要 本文以不同含氮和含糖量的系列人工饲料为材料，研究了亚洲玉米螟 *Ostrinia furnacalis* (Guenèe) 幼虫对氮和糖的吸收和利用。结果表明：幼虫对饲料中氮的吸收能力随虫龄增加而下降，对糖的吸收能力则随之而增强；5 龄幼虫对糖的吸收能力随所食饲料中氮含量的增加而增强，而对氮的吸收则与饲料糖含量关系不大；5 龄幼虫对氮和糖的消耗速率均随饲料含糖量增加而加快，但幼虫的氮利用率和虫体含氮量则随之下降；幼虫的氮消耗速率随饲料含氮量的增加而增加，而氮利用率则下降，5 龄幼虫的氮利用率比 3 龄幼虫的氮利用率低，导致虫体含氮量的迅速下降。这些结果说明饲料中氮含量影响幼虫对糖的吸收，高龄幼虫对糖的需要量增加而对氮的需要则较稳定，饲料中糖比氮更重要。

关键词 亚洲玉米螟，氮糖，吸收和利用，人工饲料

寄主植物的含氮量是限制植食性昆虫生长、发育和生殖的关键因子[1,2]，害虫的发生和为害程度与寄主植物的含氮总量有关[3,4]，也与寄主植物中可溶性糖的含量有密切关系[5,6]。氮和糖是昆虫食物中的两类基本物质，通过一系列的消化、吸收、分解和合成过程，前者成为虫体的组成部分，后者主要提供昆虫生命活动所需的能量并影响昆虫的生长发育和生殖[6,7]。近年来，大多的研究都强调氮在昆虫营养中的重要性[2,8]，这无疑是正确的，但忽视了糖对昆虫的作用，特别是这两类物质在昆虫生长发育过程中的相互影响。进行这方面的深一步研究对了解昆虫取食特点具有重要意义。

本文以亚洲玉米螟 *Ostrinia furnacalis* (Guenèe) 幼虫为试虫，研究了其对人工饲料中氮、糖的吸收、利用以及氮、糖间的相互影响。

1 材料与方法

1.1 试虫

亚洲玉米螟幼虫采自浙江省东阳玉米研究所玉米试验田，在室内越冬。翌年产卵后将初孵幼虫接入新 7 号半人工饲料[9]上饲养。

---

* 浙江省自然科学基金资助项目之一
1994-11-07 收稿，1995-11-16 收修改稿

1.2 饲料

在新7号半人工饲料基础上，通过纤维素与大豆糁和多维葡萄糖的配比调节人工饲料中氮、糖的含量，加水量也作相应调整，使含水量与新7号相近，最后测定各饲料中的氮、糖含量（干重百分率）（表1、表2）。

表1 不同配比下饲料的含氮量

含氮量（%）	1.69	2.25	3.01	3.67	4.42
大豆糁（g）	5	10	15	20	25
纤维素（g）	20	15	10	5	0
水（mL）	142	142	142	142	142

表2 不同配比下饲料的含糖量

含糖量（%）	13.14	16.43	22.27	29.66	32.49
多维葡萄糖（g）	0	4	7.5	12	16
纤维素（g）	16	12	8.5	4	0
水（mL）	139	139	139	139	139

1.3 方法

根据周大荣等的方法[9]，在果酱瓶中分别放入适量的不同氮、糖含量人工饲料，接入初孵幼虫饲养。除去1、2龄幼虫虫粪，分别收集3～5龄幼虫和虫粪，其中3龄幼虫每次取样30条，4和5龄幼虫每次均取10条。称幼虫鲜重并在75℃红外烤箱内烤干，称干重，用Montandon的$W_D=A\cdot W_F^B$公式拟合，测幼虫干重[10]，同时测定幼虫的含氮量。虫粪烤干后，测定其氮和糖的含量。参照Waldbauer[11]的重量法测定幼虫的氮、糖消耗量、排泄量和虫体氮含量的增加，重复5次。氮的消耗和利用计算公式参考吴坤君等和龚佩瑜等[12,13]。

1.4 化学分析

所有材料包括人工饲料、虫体和虫粪均在75℃红外烤箱内烤干，研粉通过10目筛。总氮量和可溶性糖含量测定分别采用凯氏法和蒽酮法。全部样本重复1次，每重复测2次，共4次。

2 结果

2.1 幼虫对氮、糖的吸收

取食相同含氮量饲料的幼虫，虫粪含氮量随虫龄的增加而提高，即幼虫对饲料中氮的吸收能力随虫龄而下降；同一虫龄幼虫的虫粪含氮量随所取食饲料含氮量的增加而增加（图1）。说明随着幼虫的生长对氮的需要量逐渐下降。

取食相同含糖量饲料的幼虫，虫粪含糖量随虫龄的增加而下降，即幼虫对糖的吸收力随虫龄而增强；同一虫龄幼虫的虫粪含糖量也随所食饲料含糖量的增加而增加（图2）。说明随着幼虫的生长对糖的需要量增大。

2.2 氮对糖吸收的影响

5龄幼虫取食含糖量均为22.27%的不同含氮量饲料后，虫粪的含糖量（Y）随所食

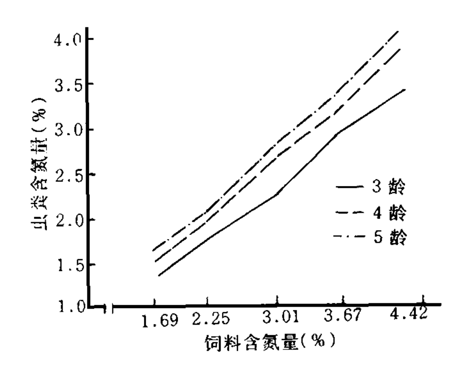


图 1　幼虫虫粪含氮量与饲料含氮量的关系

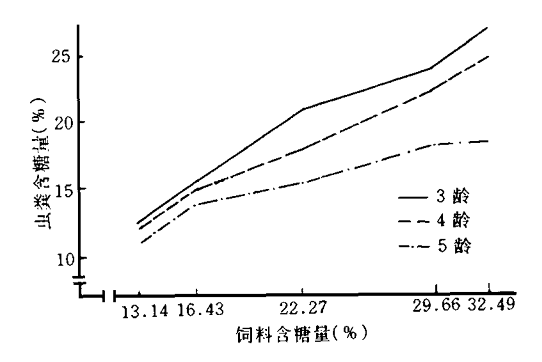


图 2　幼虫虫粪含糖量与饲料含糖量的关系

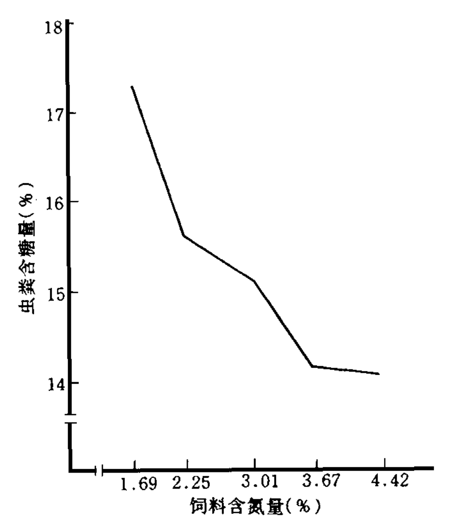


图 3　饲料含氮量对 5 龄幼虫糖吸收的影响

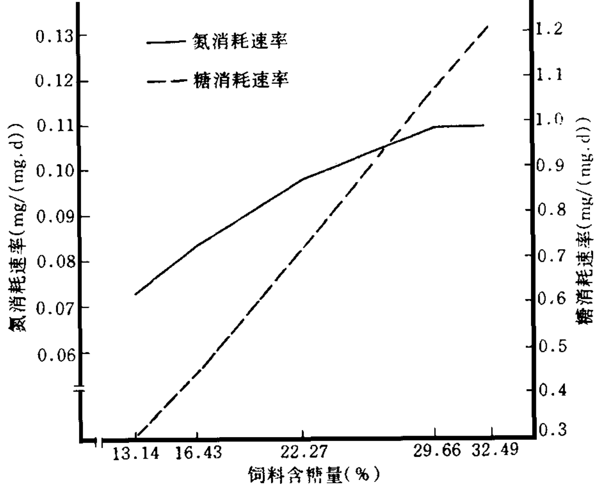


图 4　饲料含氮量对 5 龄幼虫氮、糖消耗速率的影响

饲料含氮量（X）的增加而直线下降，回归方程为：$Y=18.58-1.12X$（$r=-0.9380^{*}$）(图 3)。说明 5 龄幼虫摄入氮以后需要摄入相应量的糖与之适应，摄入的氮越多，对糖的需要量就越大。

2.3　糖对氮、糖消耗速率的影响

随着 5 龄幼虫所食饲料含糖量（X）的增加，其糖消耗速率（Y）直线上升，其回归方程为 $Y=-0.31+0.05X$（$r=0.9998^{**}$）；而氮消耗速率则不同，当 5 龄幼虫取食含糖 13.14～29.66%四种饲料时，其氮的消耗速率也随饲料含糖量的增加而增加，但在取食含糖 32.49%的饲料时，其氮的消耗速率与取食含糖 29.66%饲料时相等，而且氮消耗速率的变化程度比糖消耗速率变化程度小得多（图 4）。

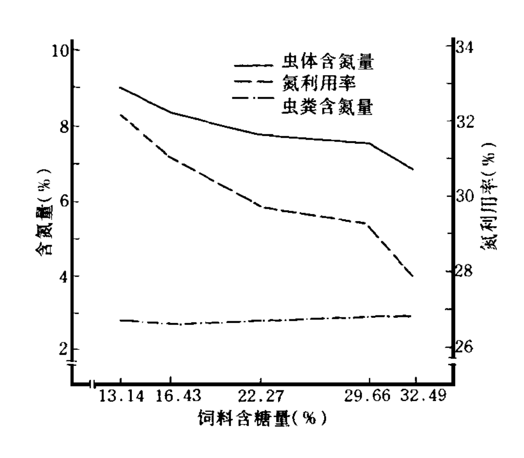


图5 饲料含糖量对5龄幼虫虫体、虫粪含氮量和氮利用率的影响

2.4 糖对氮吸收和利用的影响

5龄幼虫在取食含氮均为3.01%的不同含糖量饲料后，虫粪含氮量相对稳定，其氮吸收能力无明显差异。而氮利用率则随饲料含糖量的增加而下降，取食含糖量为32.49%饲料时的氮利用率显著低于取食含糖13.14%和16.43%两种饲料的氮利用率，从而导致了5龄幼虫虫体含氮量随所取食饲料含糖量的增加而下降（图5）。

2.5 幼虫对氮的消耗和利用

在不同含氮量饲料上饲养3龄幼虫结果表明，氮消耗速率、氮排泄速率和氮生成速率均有显著差异，饲料中含氮量从2.25%增加到3.01%时变化最大，此时它们分别增加75.7%、74%和34%，当含氮量大于3.01%以后，差异不明显。氮同化效率随饲料含氮量的增加而增加，而氮利用率则随之下降。氮利用率在取食含氮量较低饲料时变化较大，含氮量从1.69%到2.25%时，氮利用率下降31%，含氮量大于3.01%后差异不显著（表3）。

表3 3龄幼虫对不同含氮量饲料中氮的消耗和利用

含氮量 (%)	氮消耗速率 (mg/(mg·d))	氮排泄速率 (mg/(mg·d))	氮生成速率 (mg/(mg·d))	氮同化效率 (%)	氮利用率 (%)
1.69	0.0573 b	0.0340 b	0.0370 b	40.66 c	59.66 a
2.25	0.0770 b	0.0450 b	0.0317 c	41.56 bc	41.17 b
3.01	0.1353 a	0.0783 a	0.0425 a	42.13 bc	35.98 c
3.67	0.1158 a	0.0681 a	0.0396 ab	44.74 b	34.82 c
4.42	0.1288 a	0.0639 a	0.0419 a	57.37 a	33.69 c

注：同一栏内字母相同的表示无显著差异（$P=0.05$）（下同）

5龄幼虫的饲养结果，氮消耗速率除取食含氮1.69%饲料时显著为低外，其余均无显著差异；氮排泄速率可分成饲料含氮1.69%、2.25～3.01%和3.67～4.42%三组，三组间随饲料含氮量增加而增加，差异显著；氮利用率除取食含氮1.69%饲料时显著为高外，其它无显著差异；氮生成速率和氮同化效率均以取食含氮3.01%饲料时最大（表4）。

取食相同含氮量饲料的幼虫，虫体含氮量随虫龄增加迅速下降，差异极显著（$P<0.01$），这与5龄幼虫的氮生成速率和氮利用率比3龄幼虫的小有关；4龄幼虫的虫体含氮量随所取食饲料含氮量的增加而增加，差异显著，而5龄幼虫的虫体含氮量虽也随之有所增加，但差异不显著（表5）。

表 4　5 龄幼虫对不同含氮量饲料中氮的消耗和利用

含氮量 (%)	氮消耗速率 (mg/(mg·d))	氮排泄速率 (mg/(mg·d))	氮生成速率 (mg/(mg·d))	氮同化效率 (%)	氮利用率 (%)
1.69	0.0581 b	0.0312 c	0.0243 bc	39.21 c	41.82 a
2.25	0.0804 ab	0.0458 b	0.0227 c	44.01 bc	28.23 b
3.01	0.1096 a	0.0430 b	0.0326 a	54.58 a	29.74 b
3.67	0.0950 a	0.0560 a	0.0283 ab	41.09 bc	29.79 b
4.42	0.1063 a	0.0571 a	0.0300 a	48.72 ab	28.22 b

表 5　饲料含氮量对虫体含氮量的影响

含氮量 (%)	1.69	2.25	3.01	3667	4.42
3 龄幼虫含氮量 (%)	—	—	9.96	—	—
4 龄幼虫含氮量 (%)	7.58 b	7.71 b	8.31 a	8.41 a	8.64 a
5 龄幼虫含氮量 (%)	7.13 a	7.20 a	7.23 a	7.36 a	7.91 a

3　讨论

本试验结果证明，随着亚洲玉米螟幼虫的生长，对饲料中氮的需要量逐渐减少，而对糖的消耗、吸收不断增加。这与扩种甜玉米后，由于甜玉米中可溶性糖含量的增加而导致玉米螟危害加重的实际情况相一致，也可以比较合理地解释玉米螟在玉米上的为害习性：玉米心叶中高氮低糖含量的特性可以满足低龄幼虫快速生长的营养需要；当玉米雄穗分化形成以后，幼虫已发育至 3 龄、4 龄，这时它们从心叶转移到含糖量较高的未抽出的雄穗上集中取食[14]；雄穗抽出、开花以后，由于雄穗中含糖量的下降及其结构的变化，幼虫被迫转移到含糖量高的玉米茎和穗上取食为害。因此，玉米螟幼虫的这种为害习性，主要是由其本身在生长过程中对营养需要的变化决定的，也是它与玉米长期协同进化的结果。

糖不仅是昆虫的能源物质，也是主要的助食因素[15]，本试验中 5 龄幼虫糖消耗速率随所取食饲料中糖含量的增加而加快的结果，与其相对取食速率的增大[16]有关，证明了糖对昆虫取食有较强的刺激作用。糖被昆虫吸收后，除了用于代谢外，多余部分还可以三酰基甘油或糖原的形式贮存在脂肪体内[6]，因此，5 龄玉米螟幼虫在取食高浓度含糖饲料后，脂肪积累多，体重增加快，这是导致虫体内含氮量相对下降的重要原因。

氮对昆虫的生长是极为重要的[8]。虫体摄入氮量过少，不能满足其生长的需要，而摄入过多，则会破坏体内的平衡，同时增加其代谢负担[17]，不利于生长。只有摄入适当比例的氮和糖，才能维持其正常的生长发育，5 龄玉米螟幼虫在摄入较高浓度含氮饲料以后，其对糖的吸收能力的提高，可能是用来缓冲体内高浓度氮或平衡体内的代谢；而摄入高浓度糖以后则对幼虫不会产生不利的影响，不必提高对氮的吸收量，说明对于玉米螟幼虫来说，饲料中的糖比氮更重要。因此，在研制人工饲料时应适当提高糖的含量，而

氮的含量只要达到一定的水平即可（本试验为3.01%）。

参 考 文 献

1 吴坤君，李明辉．棉铃虫营养生态学研究：取食不同蛋白质含量饲料时的种群生命表．昆虫学报，1993，**36**（1）：21～28

2 Mattson W J. Herbivory in relation to plant nitrogen content. Ann. Rev. Ecol. Syst., 1980, **11**: 119～161

3 曾益良，龚佩瑜，姜立荣等．施氮量对棉株和棉铃虫的影响．昆虫学报，1982，**25**（1）：16～23

4 Lightfoot D C, Whitford W G. Variation in insect densities on desert creosotebush: Is nitrogen a factor? Ecology, 1987, **68**: 547～557

5 钦俊德，李丽英，魏定义等．关于棉铃虫食性和营养的某些特点．昆虫学报，1962，**11**（4）：327～340

6 吴坤君，李明辉．棉铃虫营养生态学研究：食物中糖含量的影响．昆虫学报，1992，**35**（1）：47～52

7 Koyama K. Nutritional physiology of the brown rice planthopper *Nilaparvata lugens* Stål. I. Effect of sugar on nymphal development. Appl. Ent. Zool., 1985, **20**: 292～298

8 Slansky F Jr, Rodriguze J G. Nutritional ecology of insect, mites, spiders and related invertebrates. New York: John Wiley & Sons, 1987

9 周大荣，王玉英，刘宝兰等．玉米螟大量繁殖研究Ⅰ．一种半人工饲料及其改进．植物保护学报，1980，**7**（2）：113～122

10 Montandon R. Nutritional indices and excretion of gossypol by *Alabama argilacea* and *Heliothis viresens* fed glanded and glandless cotyledonary cotton leaves. J. Econ. Ent., 1987, **80**: 32～36

11 Waldbauer G P. The consumption and utilization of food by insect. Adv. Insect Physiol., 1968, **5**: 229～288

12 吴坤君，龚佩瑜，李秀珍．棉铃虫对氮的消耗和利用．昆虫学报，1988，**31**（1）：1～7

13 龚佩瑜，李秀珍．饲料含氮量对棉铃虫发育和繁殖的影响．昆虫学报，1992，**35**（1）：40～46

14 吕仲贤，杨樟法，胡 萃．螟长距茧蜂、玉米螟和春玉米间相互关系的初步研究．应用生态学报，1995，**6**（1）：67～70

15 钦俊德．昆虫与植物的关系——论昆虫与植物的相互作用及其演化．北京：科学出版社，1987

16 吕仲贤，胡 萃，杨樟法．饲料中氮糖含量对亚洲玉米螟幼虫取食的影响．浙江农业大学学报，1995，**21**（6）：588～592

17 Schroeder L A. Protein limitation of a tree leaf feeding lepidopteran. Ent. Exp. Appl., 1986, **41**: 115～120

ABSORPTION AND UTILIZATION OF NITROGEN AND SUGAR IN DIET BY THE ASIAN CORN BORER *OSTRINIA FURNACALIS* LARVAE

Lü Zhongxian
(*Zhejiang Academy of Agricultural Sciences Hangzhou* 310021)
Hu Cui
(*Zhejiang Agricultural University Hangzhou* 310029)
Yang Zhangfa
(*Zhejiang Academy of Agricultural Sciences Hangzhou* 310021)

Abstract The absorption and utilization of nitrogen and sugar in diet by the Asian corn borer (*Ostrinia furnacalis*) larvae reared on artificial diets with different levels of nitrogen and sugar were studied. The results showed that the absorption of nitrogen decreased while that of sugar increased with larval development from the third to fifth instar. In the fifth instar larvae the absorption of sugar increased with the increase of nitrogen content in the diet. In the fifth instar larvae the consumption rates of nitrogen and sugar increased but the nitrogen utilization rate and the nitrogen content decreased when fed on the diet with higher sugar content. The nitrogen content in larvae decreased significantly from the third to fifth instar when they were fed on the diet with 3.01% nitrogen content, due to the decrease in nitrogen utilization rate. These results indicated that the nitrogen and sugar contents in diets influence their absorption and utilization by the larvae, and sugar is more important than nitrogen for older larvae.

Key words *Ostrinia furnacalis*, nitrogen, sugar, absorption and utilization, artificial diet